



## Abaques et nomogrammes de multiplication

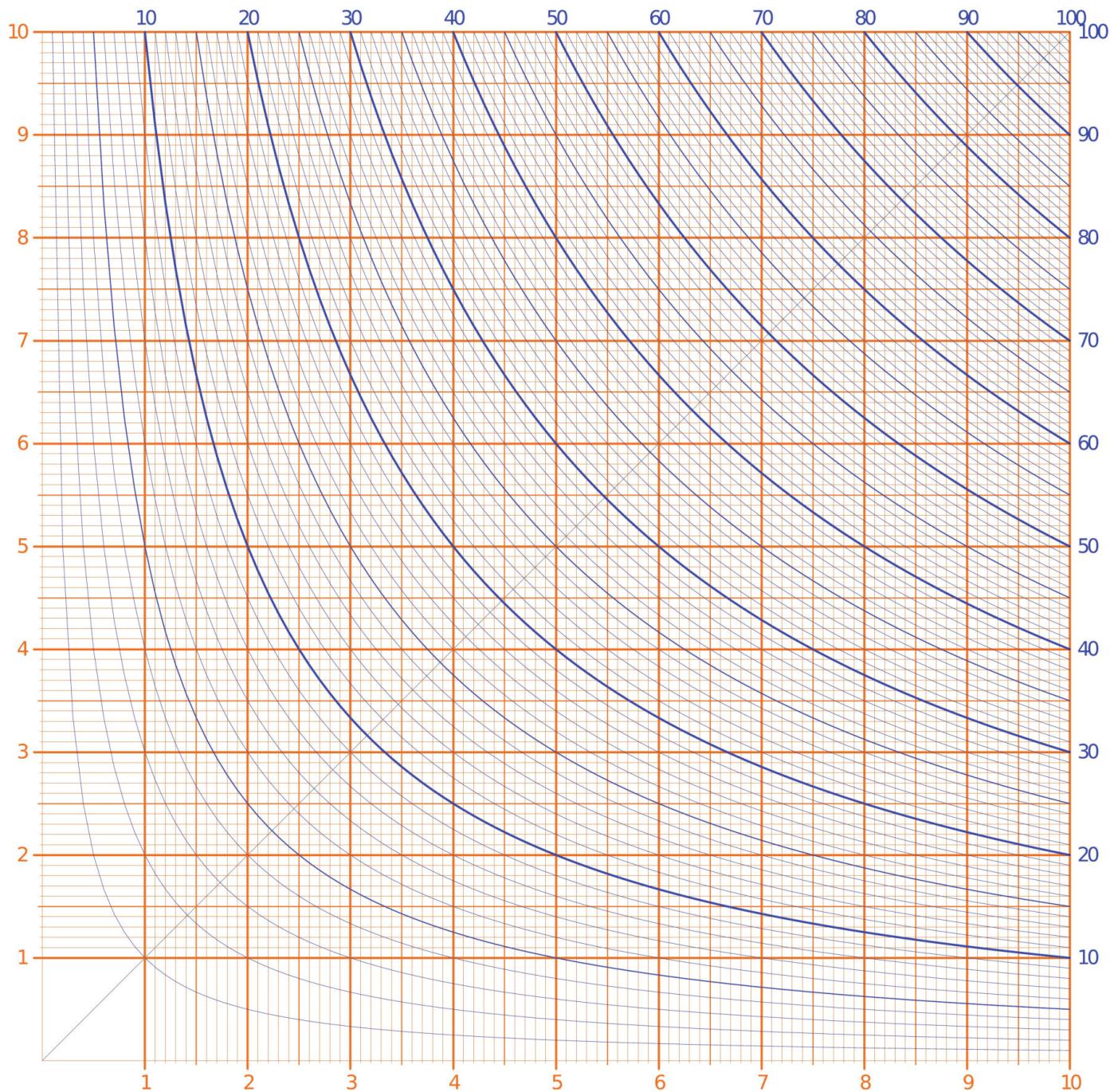
### 1. Abaque à entrecroisement (Pouchet 1797)

Suivre les droites horizontale et verticale correspondant à deux nombres donnés : le produit de ces nombres est fourni par la cote de l'hyperbole sur laquelle les deux droites se coupent. Les hyperboles peuvent être vues comme les lignes de niveau d'une surface, de façon analogue à une carte topographique.

## Les grands noms de la nomographie

### 1. Ézéchiel Pouchet (1748-1809)

Manufacturier de Rouen, Pouchet a conçu des tables graphiques pour faciliter les conversions d'unités entraînées par l'adoption d'un nouveau système de poids et mesures pendant la Révolution française.





*Abaques et nomogrammes de multiplication*

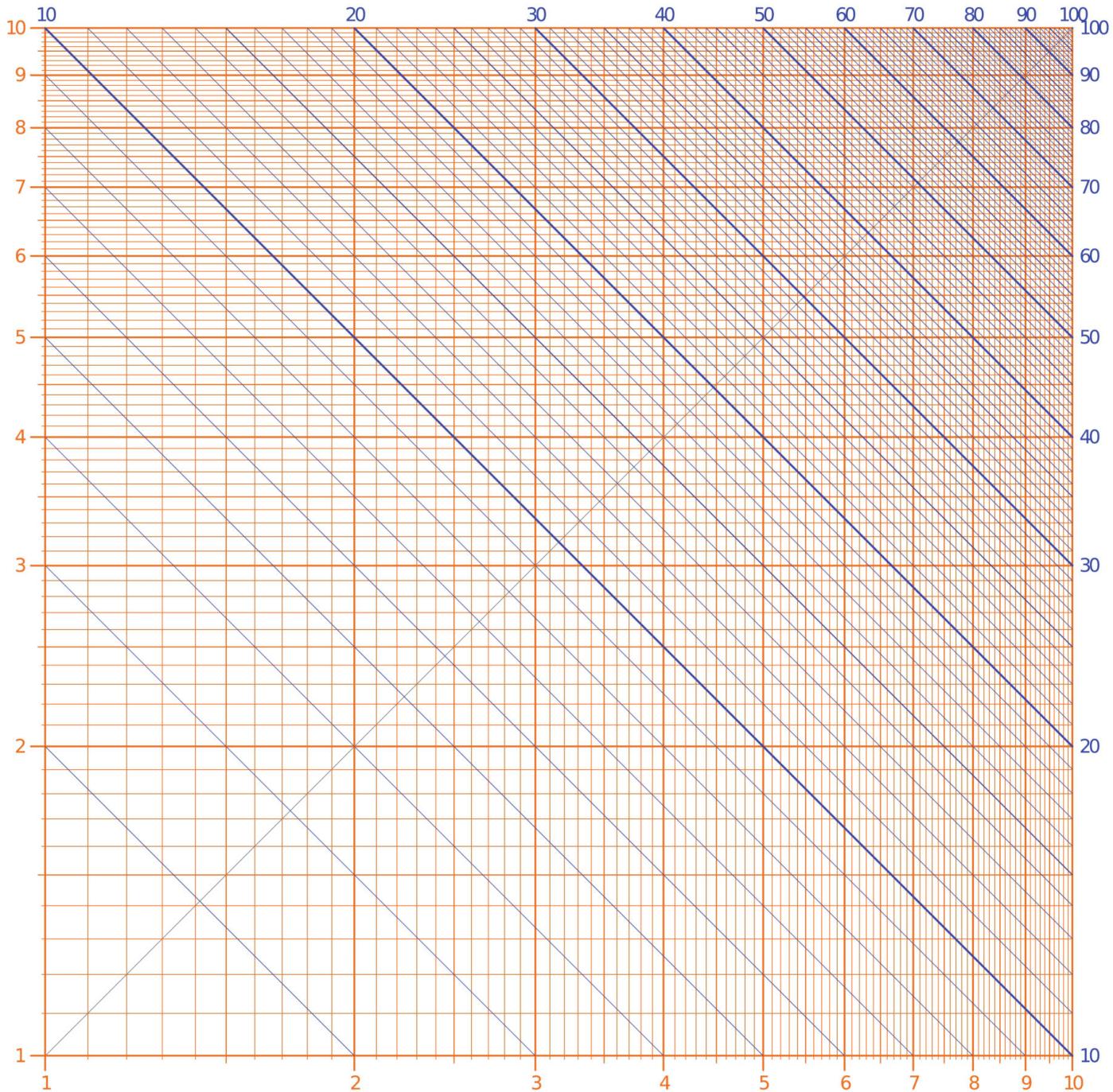
## 2. Abaque à droites concourantes et graduations logarithmiques (Lalanne 1846)

Suivre les droites horizontale et verticale correspondant à deux nombres donnés : le produit de ces nombres est fourni par la cote de la droite oblique sur laquelle les deux droites se coupent.

*Les grands noms de la nomographie*

### 2. Léon Lalanne (1811-1892)

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Lalanne a simplifié l'abaque de Pouchet en introduisant des graduations logarithmiques sur les axes. Par cette « anamorphose géométrique », les hyperboles sont devenues des droites.





*Abaques et nomogrammes de multiplication*

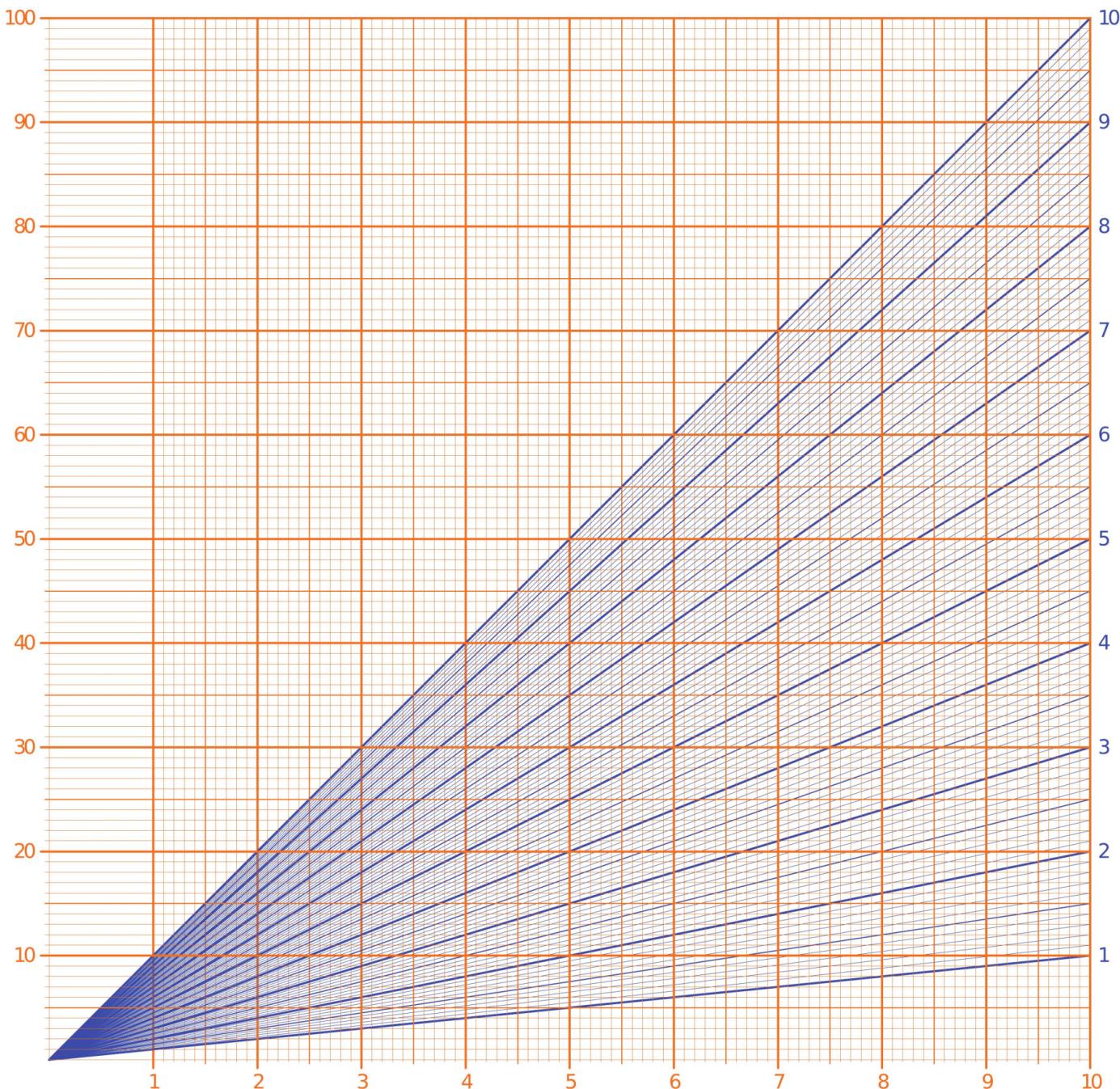
### 3. Abaque à droites concourantes et graduations algébriques (Lalanne 1846)

Suivre les droites verticale et oblique correspondant à deux nombres donnés : le produit de ces nombres est fourni par la cote de la droite horizontale sur laquelle les deux droites se coupent.

*Les grands noms de la nomographie*

#### 3. Augustin Cauchy (1789-1857)

Cauchy a posé le premier problème théorique de la nomographie : quelles sont les équations à trois variables qui peuvent être représentées par un abaque à droites concourantes analogue à ceux de Lalanne ?





## Abaques et nomogrammes de multiplication

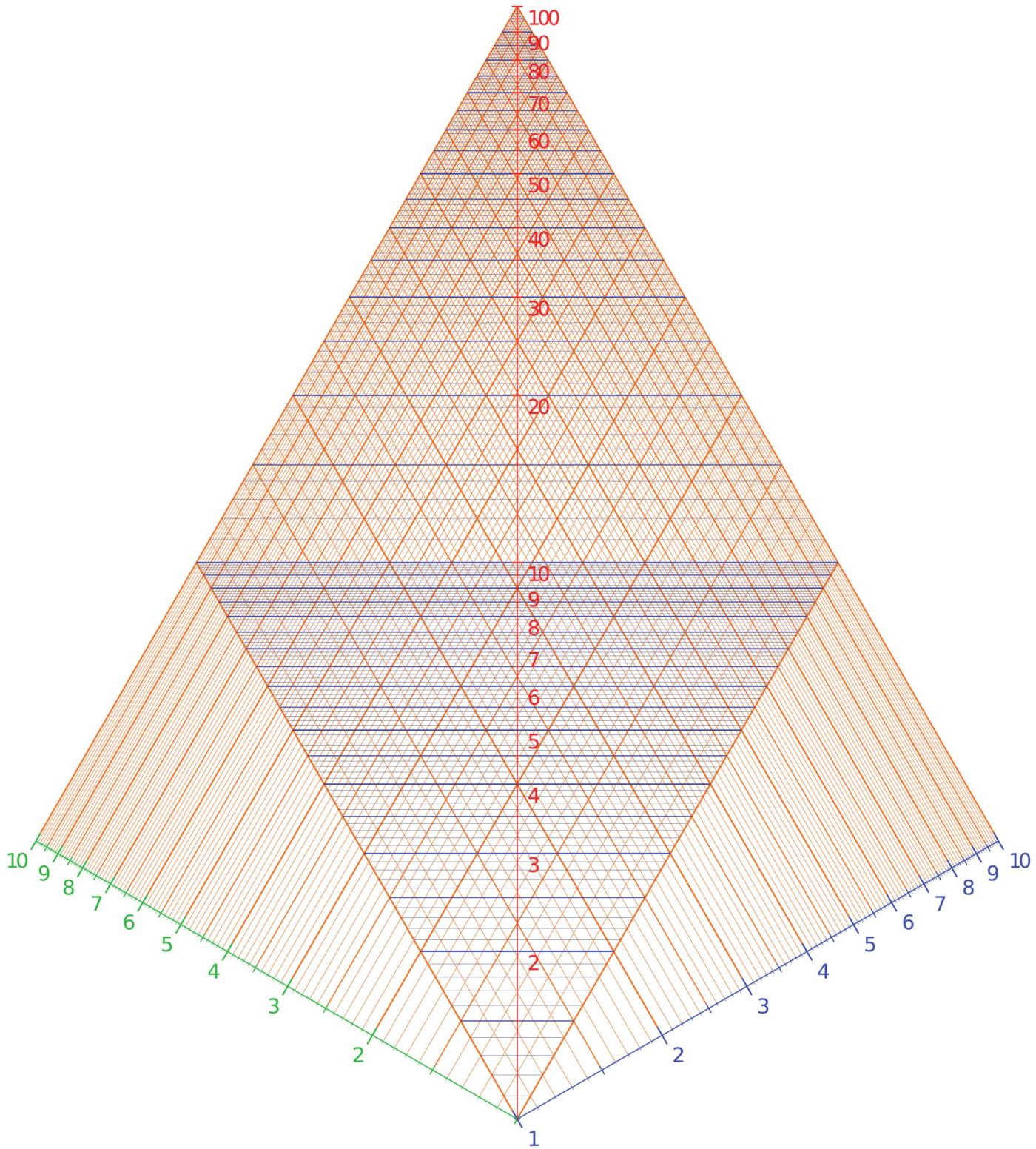
### 4. Abaque hexagonal (Lallemand 1885)

Suivre les droites obliques correspondant à un nombre vert et un nombre bleu : le produit de ces nombres est fourni par la cote de la droite horizontale sur laquelle les deux droites se coupent.

## Les grands noms de la nomographie

### 4. Charles Lallemand (1857-1938)

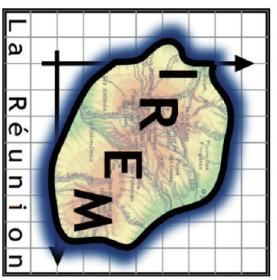
Lallemand a imaginé les abaques hexagonaux, qui utilisent trois faisceaux de droites faisant des angles de  $60^\circ$ . La projection d'un vecteur sur l'un des axes est la somme de ses projections sur les deux autres axes, ce qui permet de réaliser une addition graphique.



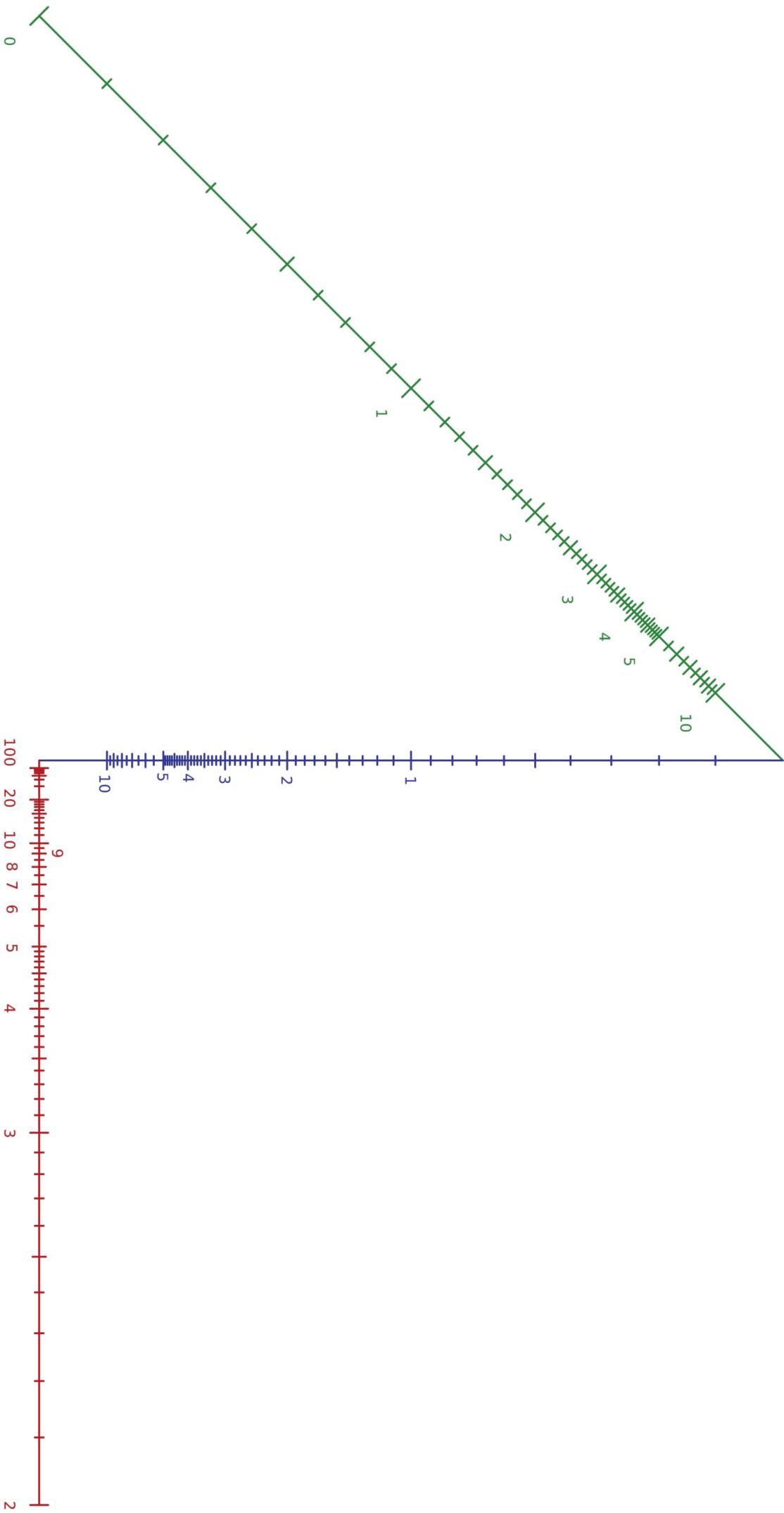
## Abaques et nomogrammes de multiplication

### 5. Nomogramme avec trois droites en triangle (Ocagne 1899)

*Les grands noms de la nomographie*  
**5. Ferdinand Möbius (1790-1868)**  
 En 1841, à l'occasion de travaux d'arithmétique, Möbius réalise que le théorème de Menelaüs fait de tout triangle une table de multiplication. Il entrevit aussi la possibilité d'utiliser à cet effet une parabole, anticipant ainsi les nomogrammes coniques de Clark.



En joignant un point de l'échelle verte et un point de l'échelle bleue par une ligne droite, l'intersection de celle-ci avec l'échelle rouge donne leur produit. Ce nomogramme est en fait une incarnation moderne du théorème de Menelaüs (condition nécessaire et suffisante pour que trois points pris sur les trois côtés d'un triangle soient alignés).

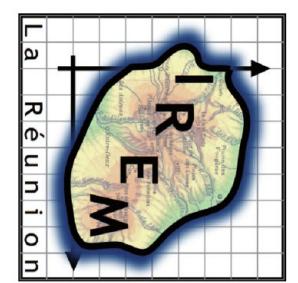


## Abaques et nomogrammes de multiplication

*Les grands noms de la nomographie*

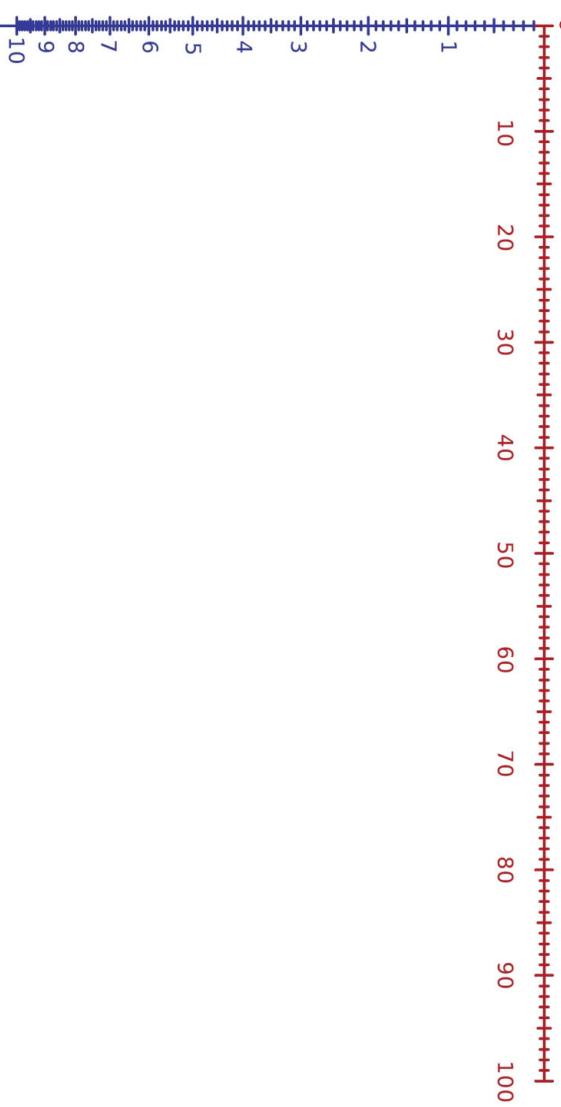
### 6. Junius Massau (1852-1909)

Massau a formulé le problème de l'anamorphose générale : quelles sont les équations à trois variables qui peuvent être représentées par un abaque à droites concourantes (ou, ce qui est équivalent, par un nomogramme à points alignés) ?



**6. Nomogramme avec deux droites parallèles et une droite sécante (Ocagne 1899)**

En joignant un point de l'échelle verte et un point de l'échelle bleue par une ligne droite, l'intersection de celle-ci avec l'échelle rouge donne leur produit. Ce nomogramme, dont le fonctionnement repose sur le théorème de Thalès et les fonctions homographiques, est une variante projective de celui réalisé avec trois droites en triangle, le troisième sommet étant ici rejeté à l'infini.



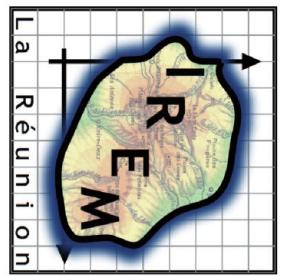
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0



## Abaques et nomogrammes de multiplication

### 7. Nomogramme avec trois droites parallèles (Ocagne 1899)

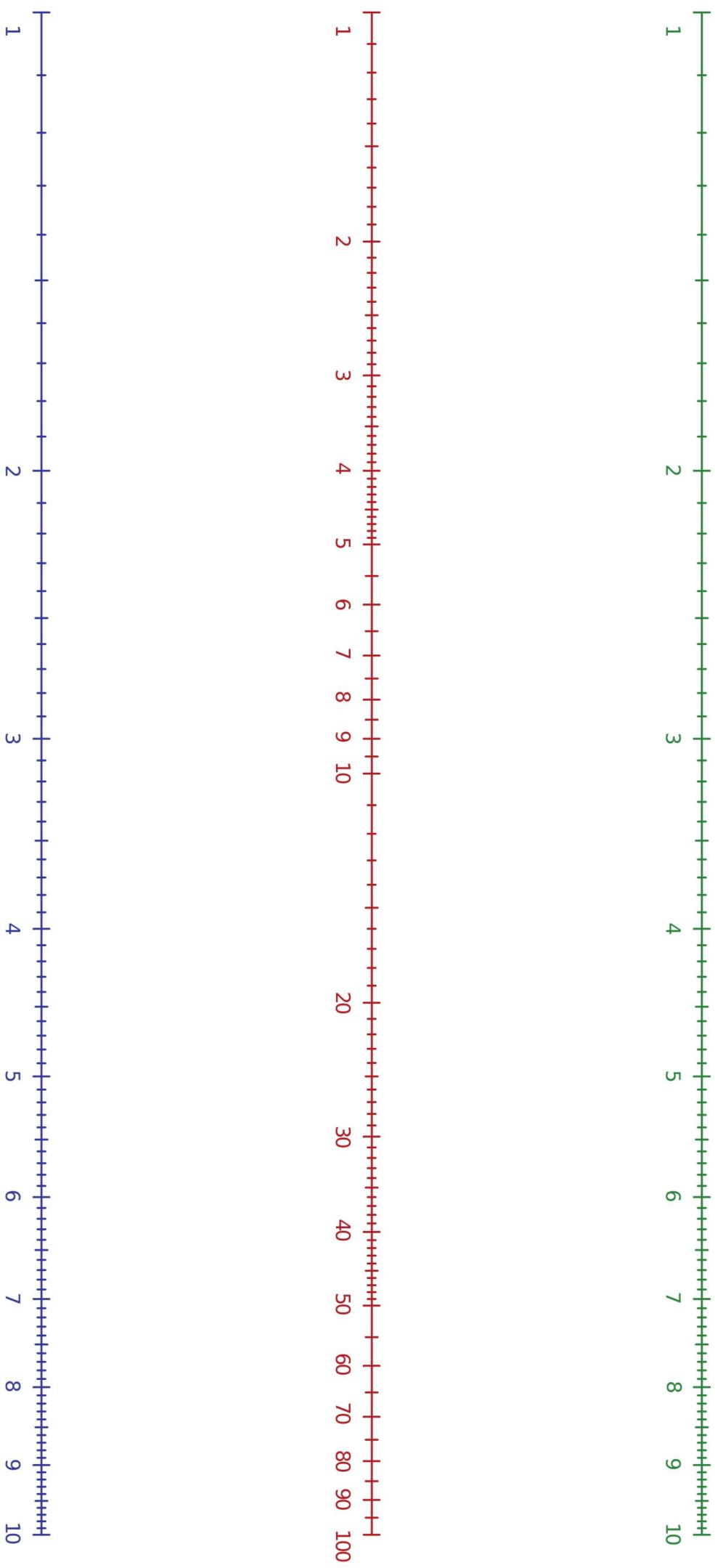
En joignant un point de l'échelle verte à un point de l'échelle bleue par une ligne droite, l'intersection de celle-ci avec l'échelle rouge donne leur produit. Ce nomogramme à points alignés est le transformé par dualité de l'abaque à droites concourantes de Lalanne. Sa grande simplicité d'utilisation assura son succès immédiat auprès des ingénieurs et de nombreuses autres professions.



*Les grands noms de la nomographie*

#### 7. Maurice d'Ocagne (1862-1938)

Maurice d'Ocagne fit appel au principe de dualité de la géométrie projective pour transformer les abaques à droites concourantes en nomogrammes à points alignés. Toute sa vie, il œuvra à la diffusion de la nomographie.





Abaques et nomogrammes de multiplication

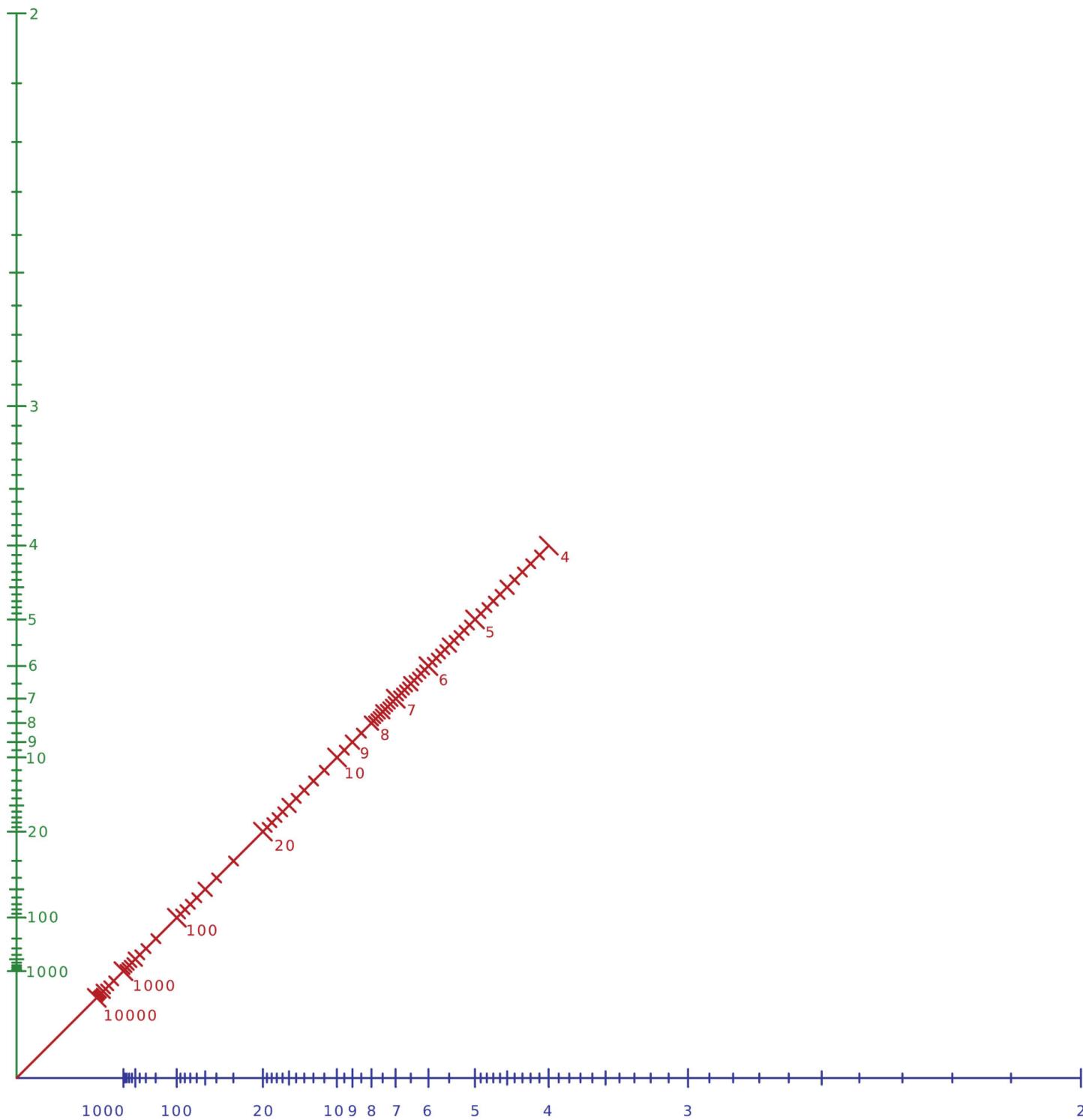
## 8. Nomogramme avec trois droites concourantes (Ocagne 1899)

En joignant un point de l'échelle verte et un point de l'échelle bleue par une ligne droite, l'intersection de celle-ci avec l'échelle rouge donne leur produit. Ce nomogramme est une variante projective de celui réalisé avec trois droites parallèles (concourantes à l'infini).

Les grands noms de la nomographie

### 8. Thomas Gronwall (1877-1932)

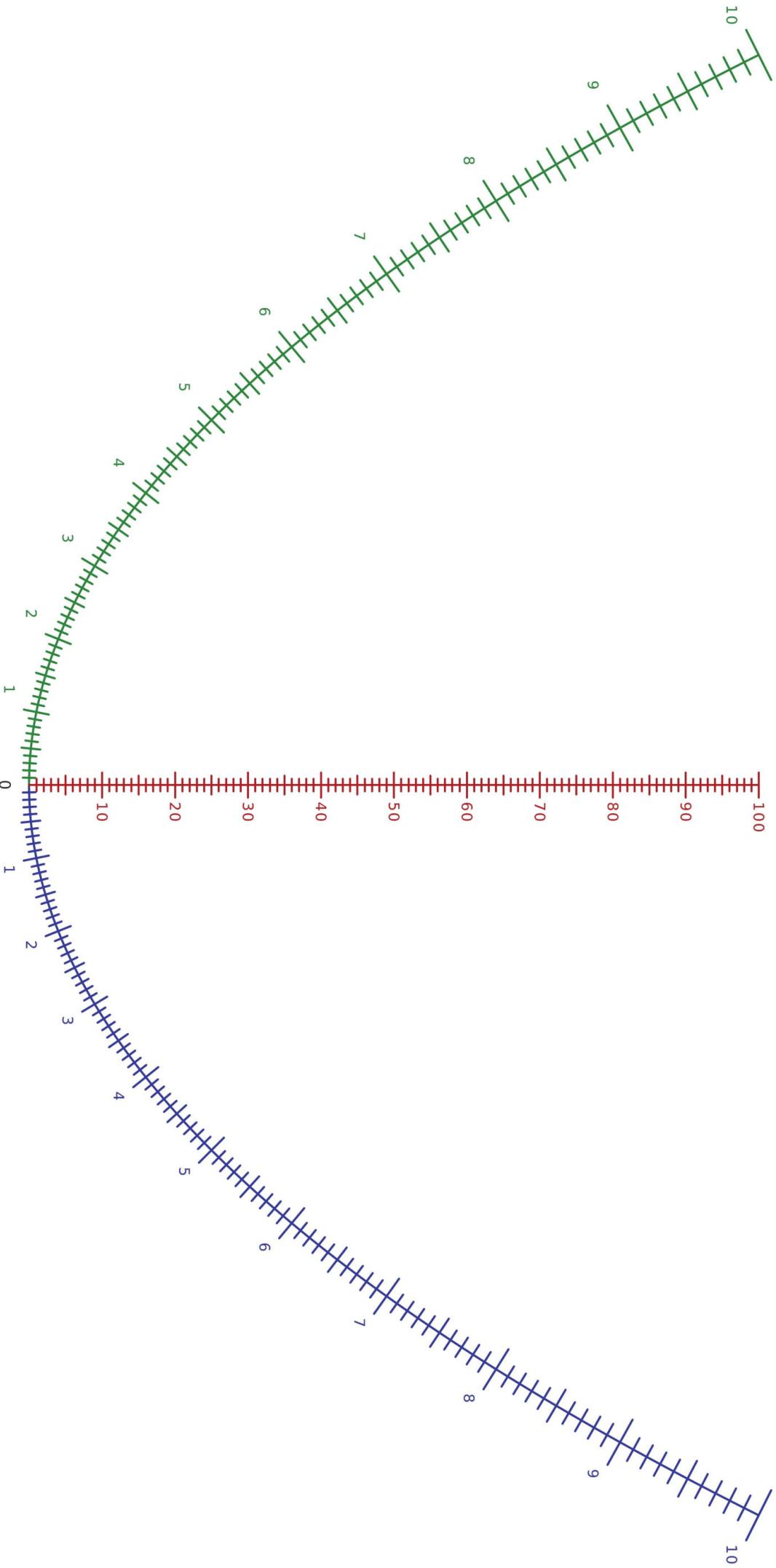
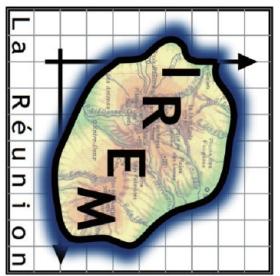
Gronwall a résolu le problème de l'anamorphose générale posé par Massau, mais sa solution, qui repose sur l'intégration de deux équations aux dérivées partielles compliquées, n'est pas utilisable dans la pratique.



## Abaques et nomogrammes de multiplication

### 9. Nomogramme avec une droite cotée et une parabole doublement cotée (Clark 1905)

En joignant un point vert et un point bleu de la parabole par une ligne droite, l'intersection de celle-ci avec l'axe rouge donne leur produit. Cette construction a été utilisée par Youri Matiyasevitch dans les années 1960 pour isoler visuellement les nombres premiers.



## Les grands noms de la nomographie

### 9. John Clark (? - ?)

De John Clark, on ne sait quasiment rien, si ce n'est qu'il était professeur à l'École polytechnique du Caire. En 1905, il a renouvelé la théorie des nomogrammes à points alignés en inventant les nomogrammes coniques (une droite cotée et une conique doublement cotée) et les nomogrammes cubiques (une cubique triplement cotée).



## Abaques et nomogrammes de multiplication

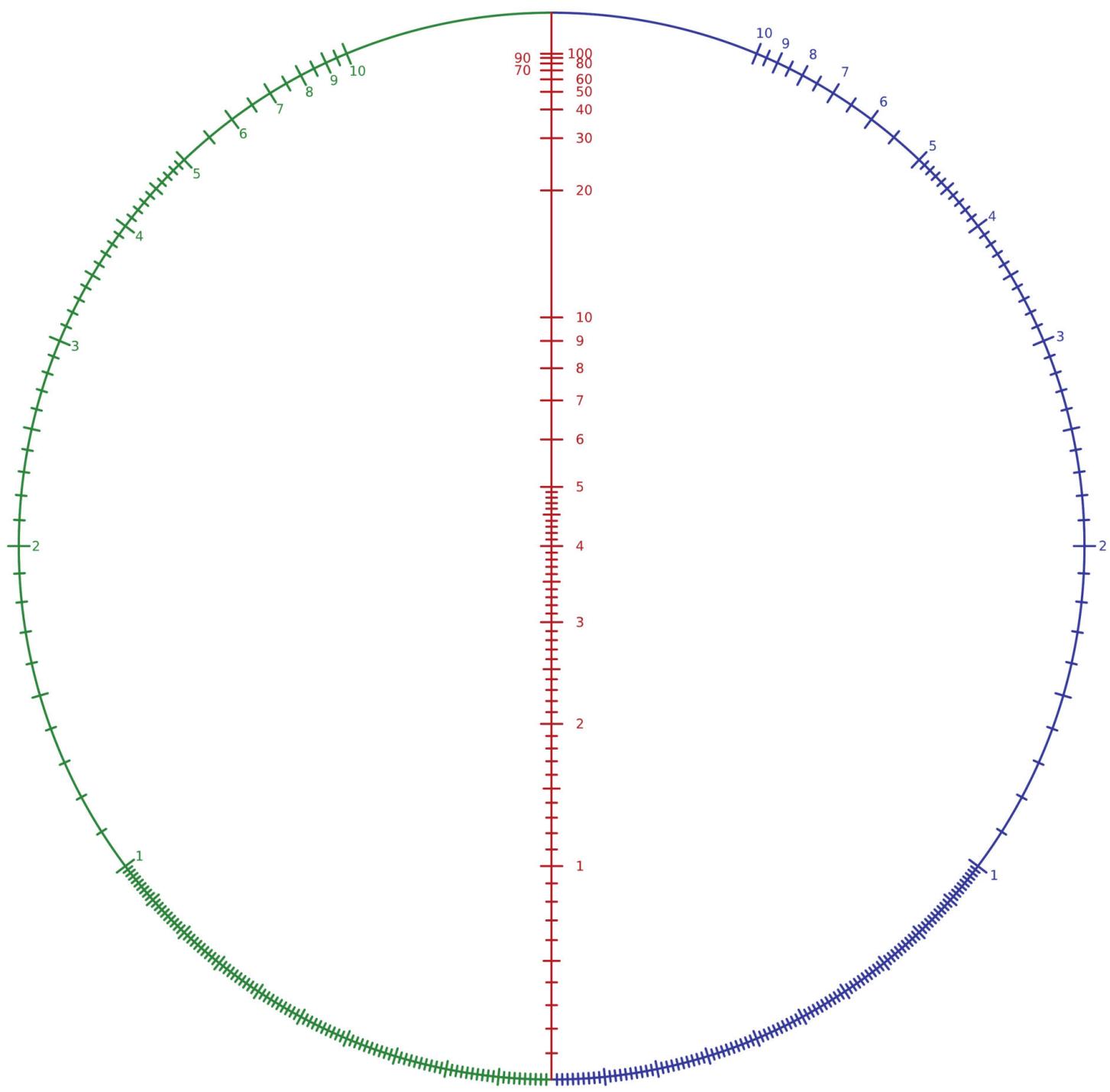
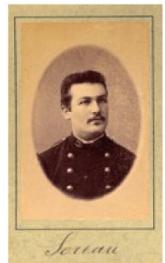
### 10. Nomogramme avec une droite cotée et un cercle doublement coté (Clark 1905)

En joignant un point vert et un point bleu du cercle par une ligne droite, l'intersection de celle-ci avec le diamètre rouge donne leur produit. La construction de ce nomogramme se fait avec la projection stéréographique, héritée de la cartographie.

## Les grands noms de la nomographie

### 10. Rodolphe Soreau (1865-1935)

Soreau a classifié les nomogrammes d'alignement selon la forme réduite des équations à trois variables qu'ils sont en mesure de représenter. Il a publié en 1921 un grand traité de nomographie, qui constitue une somme sur le sujet.



## Abaques et nomogrammes de multiplication

### 11. Nomogramme avec une droite cotée et une hyperbole doublement cotée (Clark 1905)

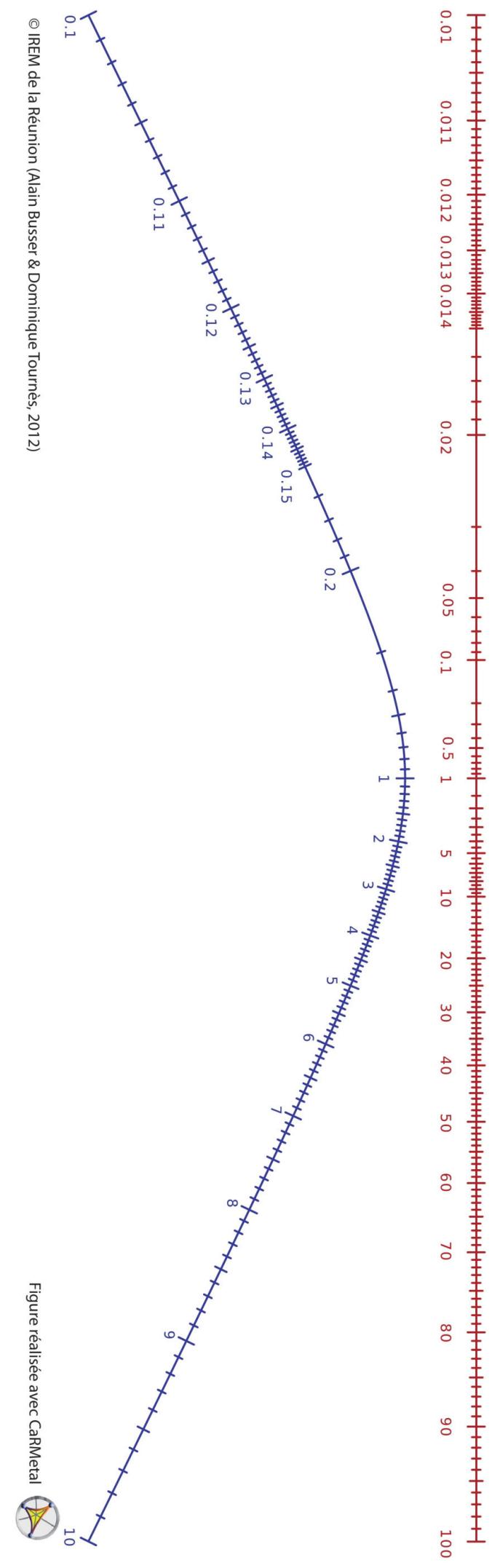
En joignant un point vert et un point bleu de l'hyperbole par une ligne droite, l'intersection de celle-ci avec l'axe rouge donne leur produit. Ce nomogramme est basé sur une formule trigonométrique (tangente d'une somme). Clark le trouvait plus précis que les nomogrammes rectilignes en raison de l'élongation due à l'incurvation de l'hyperbole.



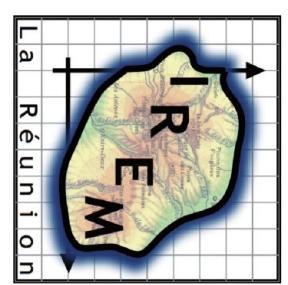
*Les grands noms de la nomographie*

### 11. Mieczysław Warmus (1918-2007)

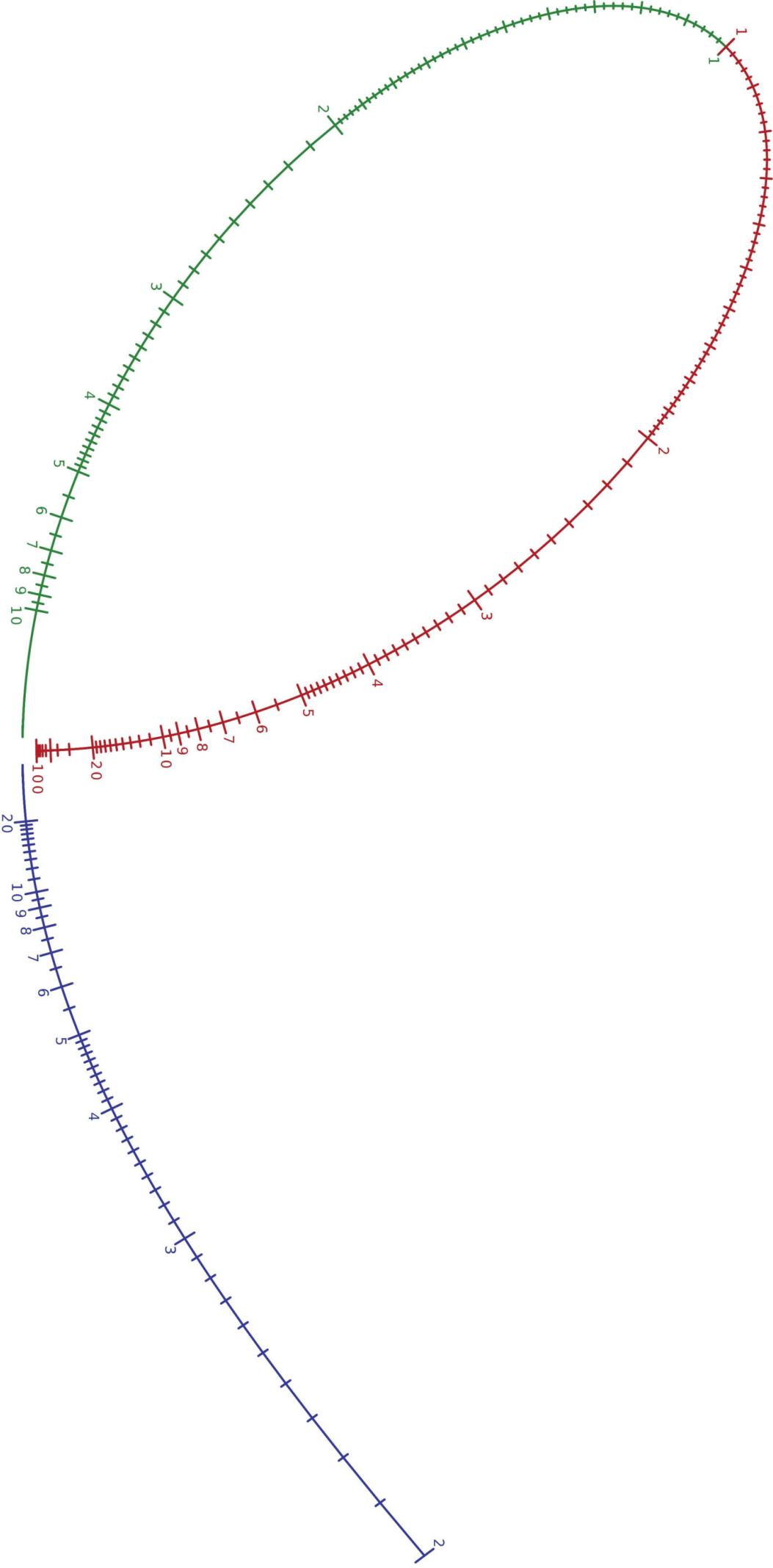
Dans sa thèse soutenue en 1953, Warmus donna la première solution complète du problème théorique de l'anamorphose générale, en caractérisant et en classifiant les fonctions de deux variables admettant une représentation nomographique.



## 12. Nomogramme avec une cubique triplement cotée (Clark 1905)



En joignant un point vert et un point bleu de la cubique par une ligne droite, l'intersection de celle-ci avec l'échelle rouge donne leur produit. La spécificité de ce nomogramme d'alignement est que les trois graduations sont portées par une même courbe, qui n'est autre ici que le folium exploré par Descartes et Roberval au 17e siècle.



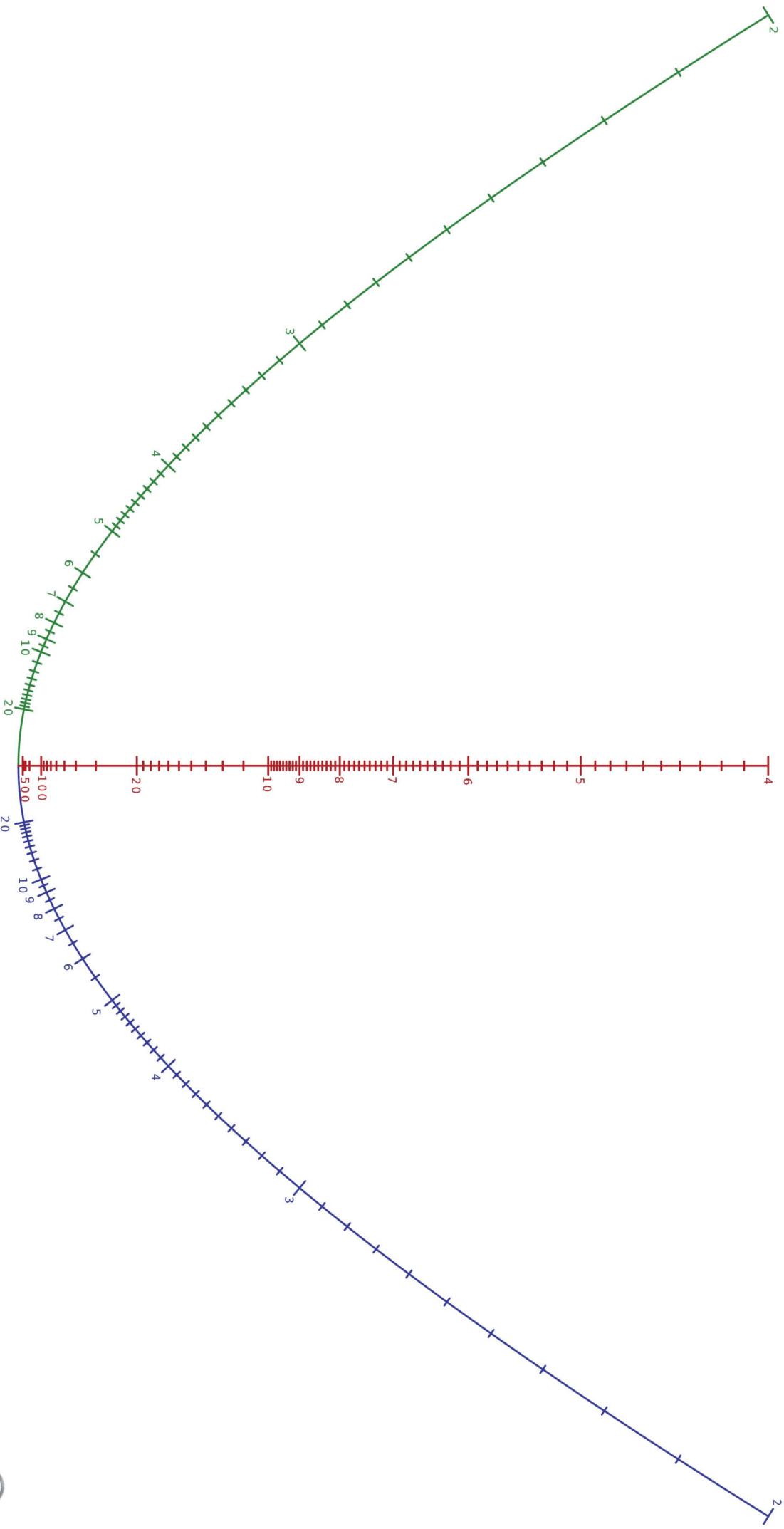
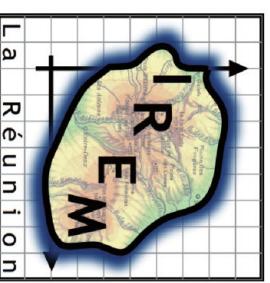
### 12. David Hilbert (1862-1943)

Parmi les 23 problèmes posés par Hilbert en 1900, le 13e est lié à la nomographie : quelles sont les fonctions de trois variables ou plus que l'on peut décomposer en un nombre fini de fonctions de deux variables, autrement dit quel l'on peut nomographier ?



## 13. Nomogramme avec une droite cotée et une hyperbole doublement cotée (Busser 2012)

En joignant un point vert et un point bleu de l'hyperbole par une ligne droite, l'intersection de celle-ci avec l'axe rouge donne leur produit. Ce nomogramme moderne, inspiré par les travaux théoriques de John Clark, veut illustrer que la nomographie offre aujourd'hui un champ de recherche stimulant, à la fois pour les professeurs et pour leurs élèves.



*Les grands noms de la nomographie*

### 13. Vladimir Arnold (1937-2010)

En 1957, à la surprise générale, Arnold apporta une réponse au 13e problème de Hilbert en montrant que toute fonction continue de trois variables pouvait se décomposer en fonctions de deux variables seulement, et donc être représentée par un nomogramme.

